

不同原料基质栽培平菇的生物学研究

杨建杰<sup>1</sup>,张桂香<sup>1\*</sup>,杨 琴<sup>1</sup>,胡 杰<sup>2</sup>

(1. 甘肃省农业科学院蔬菜研究所,甘肃 兰州 730070;2. 甘肃农业大学 园艺学院,甘肃 兰州 730070)

**摘 要:**以木屑、棉籽壳、玉米芯及麦草为基质材料,采用单纯形格子试验设计方法,通过分析不同基质对平菇菌丝生长速度、生物学效率和投入产出比的影响,优化平菇栽培配方。结果表明,4 种原料对菌丝生长速度、生物学效率和投入产出比的影响非简单的线性关系,棉籽壳和玉米芯互动与平菇生物学效率和投入产出比具显著正效应。获得优化的栽培基质配方为棉籽壳 53%、玉米芯 34%、麸皮 10%、石灰 2%及石膏 1%。验证试验结果表明,优化配方的增产效果显著,较目前普遍应用的纯棉籽壳配方平均增产 25.14%。

**关键词:**平菇;基质;木屑;棉籽壳;玉米芯;麦草;木屑;生物学效率

**中图分类号:**S759.81      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2016)03-0170-05

Biology Research of *Pleurotus ostreatus* Cultivated in Different Raw Materials

**YANG Jian-jie<sup>1</sup>,ZHANG Gui-xiang<sup>1\*</sup>,YANG Qin<sup>1</sup>,HU Jie<sup>2</sup>**

(1. Institute of Vegetables,Gansu Academy of Agricultural Sciences,Lanzhou,Gansu 730000,China;

2. College of Horticulture,Gansu Agricultural University,Lanzhou,Gansu 730000,China)

**Abstract:**Hyphae of *Pleurotus ostreatus* were cultured in different substrates,such as sawdust,cotton seed shells,corn cobs and wheat straw to study their influences on the hypha growth speed,biological efficiency and input-output ratio. Simplex-lattice design was adopted. The formula was optimized. The results indicated that four kinds of raw materials had significant non-linear impacts on the hypha growth speed,biological efficiency and input-output ratio. Cotton seed shells and corn cobs exhibited significantly positive impacts on the biology efficiency and input-output ratio. The optimal cultivation formula was obtained as corn cobs 53%,cotton shell 34%,bran 10%,lime 2%,and gypsum 1%,by which the yield increased by 25.14% compared with pure cotton seed shells.

**Key words:***Pleurotus ostreatus*; formula optimization; simplex-lattice design; sawdust; cotton seed shell; corn cob; wheat straw; sawdust; biological efficiency

平菇(*Pleurotus ostreatus*)是甘肃省生产的第一大类食用菌。2014 年甘肃省食用菌总产量 120 000 t,其中平菇占总产量的 48.3%<sup>[1]</sup>。当地用于平菇生产的主要原料为棉籽壳、玉米芯、玉米秆、树枝木屑和麦草等。2014 年甘肃省这类原料的产量约 4 723 468 t,其中棉籽壳占 0.87%、玉米芯占 30.82%、树枝木屑占 8.22%、麦草占 60.09%。目前,这些原料大多数被作为农林废弃物、弃置于自然

环境或被露天焚烧,造成生态环境的污染和资源浪费<sup>[2]</sup>,对其进行简单加工与复配即可生产平菇,成本低廉。目前,甘肃省平菇生产的主要原料棉籽壳售价 1 600~1 800 元·t<sup>-1</sup>,长期居高不下,导致生产成本高、经济效益降低,严重影响了菇农生产的积极性。因此,有效利用当地树枝木屑等原料配合生产平菇,能够达到因地制宜、就地取材、降低成本、提高效益的目的。食用菌栽培基质配方的研究对提高其

收稿日期:2016-01-23 修回日期:2016-04-12

基金项目:甘肃省蔬菜产业科技攻关项目(GSSCGG(2015)-5);国家现代农业产业技术体系专项(CARS-24);农业部西部地区蔬菜科学观测实验站项目(2015-A2621-620321-G1203-066)。

作者简介:杨建杰,男,助理研究员,研究方向:食用菌栽培技术与示范。E-mail:yangjj0519@126.com

\*通信作者:张桂香,女,研究员,研究方向:食用菌栽培技术与示范。E-mail:zhanggx2008@sina.com

产量、品质及经济效益具有重要意义。将 2 种或 2 种以上原料搭配使用会起到营养互补的作用<sup>[3]</sup>。但培养料搭配不合理会造成成本提高,生物学效率和投入产出比降低,影响菇农的经济效益。目前,有关平菇栽培基质筛选方面的研究较多,主要集中于单一新型培养料的筛选<sup>[4-5]</sup>或以常规原料为主料添加一种新型原料的固定梯度研究<sup>[6-8]</sup>,研究尚欠精准。本试验立足甘肃省地产原料特点,基于混料试验设计原理,采用单纯形格子试验设计将树枝木屑、棉籽壳、玉米芯和麦草等进行不同比例的配比,旨在研究平菇培养料精准配方筛选的新方法,并获得一种生物学效率和投入产出比高的平菇培养料配方,为食用菌培养料配方优化提供一种研究方法,为西北地区利用农林副产品栽培平菇提供参考。

# 1 材料与方 法

## 1.1 材 料

供试菌株为平菇 99 引自中国农业微生物菌种保藏管理中心。

木屑为来源于甘肃省秦州区苹果(*Malus pumila*)冬剪枝条,粉碎粒径小于 5 mm。棉籽壳产地为甘肃省瓜州县,中绒、无杂质;玉米芯产地为甘肃省凉州区,粉碎为粒径小于 5 mm 的颗粒;麦草产地为甘肃省榆中县,粉碎为小于 20 mm 的丝片状。

试验在甘肃省农业科学院蔬菜研究所基地(36°06′2.00″N,103°41′10.36″E)进行。

## 1.2 试 验 设 计

1.2.1 培养料主料配方试验设计 利用 DPS 7.05 进行单纯形格子法试验设计, $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$  分别代表棉籽壳、玉米芯、麦草和木屑,以菌丝生长速度、生物学效率和投入产出比为培养料配方的评价指标,按照 4 因素 5 阶数单纯形格子点集进行试验。培养料的基本配方为主料 87%,麸皮 10%,石灰 2%,石膏 1%,因此, $0\leq a_1、a_2、a_3、a_4\leq 0.87$ ,( $a_1、a_2、a_3、a_4$  分别代表棉籽壳、玉米芯、麦草和木屑的使用范围),据此,棉籽壳的添加量  $Z_1=0.87X_1$ 、玉米芯的添加量  $Z_2=0.87X_2$ 、麦草添加量  $Z_3=0.87X_3$  和木屑添加量  $Z_4=0.87X_4$ 。共 29 个试验配方(表 1)。

1.2.2 试验方法 2015 年 2 月 9 日分别称取 29 个配方的原料,加入适量的水使含水量达到 60%,预湿 24 h 后,加入麸皮、石灰和石膏粉,调节含水量使其稳定在 62%,搅拌均匀后装入 1 100 mL 的聚丙烯栽培瓶,每处理 90 瓶。高压灭菌(121℃,2 h),降温至 30℃ 以下、接种完成后移入培养室,18~26℃ 培养菌丝。菌丝长满栽培瓶 1/4 时,采用划线法测定菌丝生长速度。待菌丝长满菌瓶后,移入出

菇室进行出菇管理,3 次重复,每重复 30 瓶。常规管理。在温度 15~25℃ 出菇,喷水 3 次·d<sup>-1</sup>,间隔 3 h 通风 1 次,每次 20 min,及时清理菇根,保持生长环境干净卫生,及时采收并记录产量。

表 1 {4,5}单纯形格子点试验设计  
Table 1 {4,5}The simplex-lattice experiment design

配方 编号	试验设计				试验方案			
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>
1	1	0	0	0	0.87	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0.87	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0.87	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0.87
5	0.8	0.2	0	0	0.70	0.17	0	0
6	0.8	0	0.2	0	0.70	0	0.17	0
7	0.8	0	0	0.2	0.70	0	0	0.17
8	0.2	0	0.8	0	0.17	0	0.70	0
9	0.2	0	0	0.8	0.17	0	0	0.70
10	0	0.8	0.2	0	0	0.70	0.17	0
11	0	0	0.2	0.8	0	0	0.17	0.70
12	0.6	0.4	0	0	0.52	0.35	0	0
13	0.6	0	0.4	0	0.52	0	0.35	0
14	0.6	0	0	0.4	0.52	0	0	0.35
15	0.4	0	0.6	0	0.35	0	0.52	0
16	0.4	0	0	0.6	0.35	0	0	0.52
17	0	0.6	0.4	0	0	0.52	0.35	0
18	0	0	0.4	0.6	0	0	0.35	0.52
19	0.6	0.2	0.2	0	0.52	0.17	0.17	0
20	0.6	0.2	0	0.2	0.52	0.17	0	0.17
21	0.6	0	0.2	0.2	0.52	0	0.17	0.17
22	0.2	0.6	0.2	0	0.17	0.52	0.17	0
23	0.2	0.6	0	0.2	0.17	0.52	0	0.17
24	0.2	0.2	0.6	0	0.17	0.17	0.52	0
25	0.2	0.2	0	0.6	0.17	0.17	0	0.52
26	0.2	0	0.6	0.2	0.17	0	0.52	0.17
27	0.2	0	0.2	0.6	0.17	0	0.17	0.52
28	0	0.2	0.6	0.2	0	0.17	0.52	0.17
29	0	0.2	0.2	0.6	0	0.17	0.17	0.52

2015 年 8—12 月以纯棉籽壳配方为 CK,将优化的配方在兰州市西固区杏胡台村(36°04′32.99″N,103°36′30.83″E)、安宁区桃林村(36°07′21.22″N,103°41′57.73″E)和城关区的盐场堡社区(36°04′32.05″N,103°50′31.87″E)平菇生产基地进行验证示范试验。各示范点生产优化配方菌袋和 CK 菌袋各 2000 袋,8 月 15 日制袋,常规管理,杏胡台村示范点 9 月 23 日出菇,29 日开始采收,12 月 19 日产量统计完成;盐场堡社区和桃林村示范点 9 月 20 日出菇,25 日开始采收,12 月 15 日产量统计完成。

## 1.3 数据统计分析

记录菌丝萌发时间、菌丝生长势、接种到满瓶天数、出菇时间;采用划线法测定菌丝生长速度,统计

前 3 潮菇生物学效率及计算投入产出比。

生物学效率/%=鲜菇重量/原料风干重×100 1)

投入产出比=产值/总成本 2)

构建菌丝生长速度、生物学效率、投入产出比的数学模型,以生物学效率进行配方优化。

采用软件 DPSv7. 05 对试验数据进行计算和分析。

2 结果与分析

2.1 4 种原料不同配比对平菇菌丝生长的影响

棉籽壳、玉米芯、麦草和木屑对平菇菌丝生长速度、生物学效率和投入产出比的影响都极显著,回归模型  $Y_1$ 、 $Y_2$  和  $Y_3$  的  $p$  值=0.000  $1\leq 0.01$ (表 2)。

$$Y_1 = 0.79X_1 + 0.95X_2 + 1.16X_3 + 1.05X_4 - 0.22X_1X_2 + 0.48X_1X_3 - 0.06X_1X_4 + 0.70X_2X_3 + 1.40X_2X_4 + 0.26X_3X_4 (R^2 = 0.805\ 6, P < 0.001)$$
 (1)

$$Y_2 = 118.74X_1 + 72.70X_2 + 37.65X_3 + 76.78X_4 + 209.88X_1X_2 + 95.46X_1X_3 + 62.16X_1X_4 - 27.51X_2X_3 + 34.32X_2X_4 + 9.58X_3X_4 (R^2 = 0.810\ 7, P < 0.001)$$
 (2)

$$Y_3 = 1.79X_1 + 1.33X_2 + 0.57X_3 + 1.19X_4 + 3.38X_1X_2 - 0.26X_1X_3 + 1.36X_1X_4 - 2.22X_2X_3 - 0.21X_2X_4 - 0.27X_3X_4 (R^2 = 0.878\ 7, P < 0.001)$$
 (3)

且  $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 1, 0 \leq X_1 \leq 1, 0 \leq X_2 \leq 1, 0 \leq X_3 \leq 1, 0 \leq X_4 \leq 1$

将编码方程(1)、(2)、(3)进行回代得出实际方程:

$$Y_1' = 0.91Z_1 + 1.09Z_2 + 1.33Z_3 + 1.21Z_4 - 0.25Z_1Z_2 + 0.55Z_1Z_3 - 0.07Z_1Z_4 + 0.80Z_2Z_3 + 1.61Z_2Z_4 + 0.30Z_3Z_4 (R^2 = 0.805\ 6, P < 0.001)$$
 (4)

$$Y_2' = 136.48Z_1 + 83.56Z_2 + 43.28Z_3 + 88.25Z_4 + 241.24Z_1Z_2 + 109.72Z_1Z_3 + 71.45Z_1Z_4 - 31.62Z_2Z_3 + 39.45Z_2Z_4 + 11.01Z_3Z_4 (R^2 = 0.810\ 7, P < 0.001)$$
 (5)

$$Y_3' = 2.06Z_1 + 1.53Z_2 + 0.66Z_3 + 1.37Z_4 + 3.89Z_1Z_2 - 0.30Z_1Z_3 + 1.56Z_1Z_4 - 2.55Z_2Z_3 - 0.24Z_2Z_4 - 0.31Z_3Z_4 (R^2 = 0.878\ 7, P < 0.001)$$
 (6)

且  $Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 = 0.87, 0 \leq Z_1 \leq 0.87, 0 \leq Z_2 \leq 0.87, 0 \leq Z_3 \leq 0.87, 0 \leq Z_4 \leq 0.87$

式中, $Y_1$ :菌丝生长速度, $Y_2$ :生物学效率, $Y_3$ :投入产出比。

3 个回归模型确定系数  $R^2$  分别为 80.56%、81.07%和 87.87%,调整确定系数分别为 71.35%、72.11%和 82.13%,说明在试验范围内该模型在被研究的整个回归区域拟合度较好,能较好的解释响

应值的变化,可以利用此模型对平菇配方的生产指标进行分析和预测。

4 因素对平菇菌丝生长速度有显著影响,影响顺序为麦草>木屑>玉米芯>棉籽壳。各因素之间非线性关系。麦草对平菇菌丝生长速度影响最大,其次是木屑和玉米芯;平菇菌丝在纯棉籽壳培养基上的生长较慢,在纯麦草和纯木屑上生长较快。棉籽壳与玉米芯、棉籽壳与木屑互作对平菇菌丝生长速度具负效应;棉籽壳与麦草、玉米芯与麦草、玉米芯与木屑、麦草与木屑互作对平菇菌丝生长速度存在正效应,玉米芯与木屑互作对平菇菌丝生长速度存在显著正效应。对方程(4)求最大值得出对应菌丝生长速度最快的配方应为玉米芯 41%、木屑 46%、麸皮 10%、石灰 2%及石膏 1%。菌丝生长速度可达  $1.35\text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

4 因素不同配比对平菇生物学效率有显著影响,影响顺序依次为棉籽壳>木屑>玉米芯>麦草,各因素间非简单的线性关系。棉籽壳对平菇生物学效率影响最大,纯棉籽壳为主料配方的生物学效率极显著高于纯玉米芯、纯木屑和纯麦草为主料的配方。棉籽壳和玉米芯互作与平菇生物学效率的存在显著正效应,棉籽壳和麦草、棉籽壳和木屑、玉米芯和木屑、麦草和木屑互作与平菇生物学效率的存在正效应,玉米芯和麦草互作与平菇生物学效率存在负效应。对方程(5)求最大值得对应生物学效率最高配方应为棉籽壳 53%,玉米芯 34%,麸皮 10%,石灰 2%,石膏 1%,其生物学效率最高可达 150.71%。

4 因素不同配比对平菇投入产出比有显著影响,影响顺序为棉籽壳>玉米芯>木屑>麦草。各因素之间非线性关系。棉籽壳、玉米芯和木屑是影响平菇投入产出比的主要因素。纯棉籽壳和纯玉米芯为主料配方的投入产出比高于纯麦草和纯木屑为主料的配方,纯麦草为主料配方的投入产出比最低。棉籽壳和玉米芯互作对平菇投入产出比的正效应极明显,其次是棉籽壳和木屑;棉籽壳和麦草、玉米芯和麦草、玉米芯和木屑、麦草和木屑的互作对平菇投入产出比存在负效应。对方程(6)求最大值得对应投入产出比最高配方应为棉籽壳 49%,玉米芯 38%,麸皮 10%,石灰 2%,石膏 1%,求得投入产出比最高可达 2.420。

2.2 4 种原料栽培平菇的配方优化

综合优化不同原料对平菇生物学效率、投入产出比和菌丝生长速度的影响,选择生物学效率最高、投入产出比高和菌丝生长速度适中的平菇栽培优化配方为棉籽壳 53%、玉米芯 34%、麸皮 10%、石灰

2%及石膏 1%。根据该方程预测其生物学效率为 150.71%,投入产出比为 2.416,菌丝生长速度为 0.80 cm·d<sup>-1</sup>。

2.3 优化配方的示范验证

优化的配方扩大试验验证可获得显著的增产效果,生物学效率平均达到 149.90%,较对照增产达

25.14%,与理论预测结果 150.71%误差为-0.54%,说明按照单纯形格子法优化得到的配方相对准确可靠,按照该模型进行预测在实践中可行。应用该优化配方,2015 年 8—12 月在甘肃省兰州市安宁区桃林村示范的生物学效率最高达到 159.80%,较对照增产达 28.24%。

表 2 不同试验点的平菇栽培效果  
Table 2 The cultivate effect of different sites

试验点	菌丝生长速度 (cm·d <sup>-1</sup> )	接种到满瓶 天数/d	生物学 效率/%	经济效益/(元·袋 <sup>-1</sup> )				
				主料成本	总成本	产值	投入产出比	纯收入
1	0.83±0.05	27	103.44±7.41	1.70	4.11	6.21	1.51±0.11	2.09
2	0.90±0.12	26	75.94±4.91	0.81	3.22	4.56	1.42±0.09	1.34
3	1.14±0.08	20	48.80±2.14	0.60	3.01	2.24	0.74±0.04	-0.76
4	1.15±0.09	18	75.78±4.56	0.60	3.01	3.77	1.25±0.08	0.77
5	0.79±0.03	30	175.68±4.8	1.53	3.94	10.54	2.67±0.08	6.60
6	0.79±0.04	32	115.84±5.54	1.40	3.81	6.36	1.67±0.08	2.54
7	0.91±0.05	32	106.74±8.76	1.49	3.90	6.40	1.64±0.13	2.51
8	1.15±0.10	18	58.18±3.11	0.51	2.92	1.78	0.61±0.03	-1.14
9	0.94±0.04	20	101.78±2.99	0.77	3.18	5.33	1.67±0.05	2.15
10	1.12±0.07	24	54.62±2.11	0.47	2.88	1.95	0.68±0.03	-0.93
11	1.10±0.03	18	63.50±2.78	0.38	2.79	1.95	0.70±0.03	-0.85
12	0.77±0.04	32	134.20±8.09	1.32	3.73	8.05	2.16±0.13	4.32
13	1.03±0.06	20	146.06±7.13	0.72	3.13	4.85	1.55±0.07	1.71
14	0.86±0.03	30	125.64±3.16	1.19	3.60	6.90	1.92±0.05	3.30
15	1.10±0.06	20	81.86±2.01	0.60	3.01	2.51	0.83±0.02	-0.50
16	0.91±0.03	20	105.72±6.31	0.98	3.39	5.53	1.63±0.10	2.14
17	1.21±0.10	20	52.16±2.02	0.43	2.84	1.73	0.61±0.02	-1.11
18	1.13±0.06	18	64.04±2.80	0.60	3.01	3.19	1.06±0.04	0.18
19	0.96±0.02	32	103.12±4.29	1.23	3.64	5.66	1.55±0.07	2.02
20	0.80±0.02	20	149.26±6.10	1.32	3.73	8.96	2.40±0.10	5.23
21	1.11±0.02	20	117.44±2.25	1.15	3.56	6.15	1.73±0.03	2.59
22	1.03±0.12	22	116.70±10.25	0.60	3.01	4.17	1.39±0.12	1.17
23	1.10±0.02	24	106.34±7.06	0.89	3.30	5.84	1.77±0.12	2.53
24	1.21±0.03	18	71.56±2.68	0.51	2.92	2.19	0.75±0.03	-0.73
25	1.03±0.03	20	89.98±8.01	0.81	3.22	4.71	1.46±0.13	1.49
26	1.26±0.07	18	64.74±6.67	0.51	2.92	1.98	0.68±0.07	-0.94
27	1.05±0.02	20	89.90±1.80	0.77	3.18	4.48	1.41±0.03	1.30
28	1.24±0.08	20	52.96±5.39	0.38	2.79	1.62	0.58±0.06	-1.17
29	1.24±0.07	20	89.70±3.52	0.43	2.84	2.98	1.05±0.05	0.14

注:总成本=主料成本+辅助生产成本(0.66 元)+人工成本(1.75 元),主料成本为配方中棉籽壳、玉米芯、麦草和木屑的成本。成本和产值按当前甘肃省市场平均价格计算,棉籽壳价格为 1 700 元·t<sup>-1</sup>,玉米芯价格为 800 元·t<sup>-1</sup>,麦草价格为 800 元·t<sup>-1</sup>,木屑价格为 700 元·t<sup>-1</sup>,平菇价格为 6 元·kg<sup>-1</sup>。

表 3 优化配方示范增产效果

示范点	Table 3 The effect of increasing production with optimized formula for demonstration		
	生物学效率/%		增产率/%
	优化配方	CK	
西固区杏胡台村	141.23	113.82	24.08
安宁区桃林村	159.80	124.61	28.24
城关区盐场堡村	148.67	119.73	23.11
平均	149.90	119.73	25.14

3 结论和讨论

菌丝生长并非越快越好,与培养料的紧实度、透气透水性等物理性状有关<sup>[9-10]</sup>。由于麦草、木屑和玉米芯的颗粒较大,装瓶后培养料的空隙度较高,CO<sub>2</sub> 浓度较低,氧气充足,促进了菌丝生长。所以玉米芯和木屑互作与平菇菌丝生长速度存在显著正效应。而棉籽壳的颗粒较小,棉籽壳分别与玉米芯和木屑互作对平菇菌丝生长速度产生负效应。

培养料养分含量影响菌丝生长与平菇产量。棉籽壳含有粗蛋白 7.3%、粗脂肪 3.5%、粗纤维 37.0%、可溶性碳水化合物 35.0%、粗灰分 3.5%<sup>[11]</sup>,碳氮比(40.82:1)<sup>[12]</sup>适宜;果树枝条木屑含粗蛋白 7.88%、粗纤维 71.10%、可溶性碳水化合物 19.09%<sup>[13]</sup>;玉米芯含干物质 93.3%、粗蛋白 2.4%、粗脂肪 0.36%、粗纤维 35.4%、粗灰分 2.77%<sup>[14]</sup>,碳氮比(90.12:1)值大<sup>[15]</sup>;而麦草的主要成分为纤维素、半纤维素和木质素,碳素含量较高为 47.03%、氮素含量相对较低为 0.48%,碳氮比(97.98:1)值大<sup>[3]</sup>。

平菇栽培的最佳配方是棉籽壳 53%,玉米芯 34%,麸皮 10%,石灰 2%,石膏 1%,与刘巧宁<sup>[16]</sup>、王庆武<sup>[17]</sup>等研究的结论相吻合,他们的研究的方法是在固定试验点的基础上对棉籽壳中添加玉米芯的配比进行筛选获得,研究方法不够精细;本研究采用单纯形格子设计对棉籽壳、玉米芯、麦草和木屑 4 种原料不同比例设计连续试验点的基础上获得优化配方,研究范围广,结果相对精准,生产效果好。示范结果表明,优化配方增产效果显著,平均生物学效率达到 149.90%,较目前普遍应用的纯棉籽壳配方平均增产 25.14%,具有应用推广前景。

本研究采用单纯形格子设计尚属本领域首次应用。该方法是混料设计中最基本的一种设计方案,试验点可以取在正规单纯形的格子点上,保证试验点分布均匀,且计算简单、准确,回归系数只是相应格子点的响应值的简单函数,被广泛应用于工业、农业和科学试验中<sup>[18]</sup>。虽然在食用菌行业中未见报道,但是采用单纯形格子设计研究棉籽壳、玉米芯、麦草和木屑的不同比例对平菇栽培的影响达到了试验的目的,获得的优化配方生产效果良好,菌丝生长速度、生物学效率和投入产出比方程能有效预测配方的生产效果。因此,单纯形格子设计可在食用菌栽培配方筛选研究中应用。

菌丝生长速度的快慢和生物学效率的高低可能与培养料配方的营养成分有关,因此,对棉籽壳、玉米芯、麦草和木屑的不同配方的营养成分的化验分析,以及培养料配方的营养成分与菌丝生长速度和生物学效率之间的关系需进一步研究。

参考文献:

[1] 张桂香,杨建杰,杨琴,等. 甘肃省食用菌产业现状及发展特点[J]. 中国食用菌,2015,34(5):76-78.

[2] 余雕,耿增超. 农业秸秆生物质转化利用的研究进展[J]. 西北林学院学报,2010,25(1):157-161.

SHE D,GENG Z C. Progress in biomass conversion and utilization of agricultural cereal straw[J]. Journal of Northwest Forestry University,2010,25(1):157-161. (in Chinese)

[3] 罗信昌,陈士瑜. 中国菇业大典[M]. 北京:清华大学出版社,2010(9):274-291.

[4] 覃宝山,覃勇荣. 新型培养料栽培食用菌研究的现状及展望[J]. 中国农学通报,2010,26(16):223-228.

[5] 龚黛,郭蔚,王华,等. 葡萄枝条栽培白玉菇的营养成分研究[J]. 西北林学院学报,2013,28(6):121-124.

GONG D,GUO W,WANG H, *et al.* Nutrition components in white *Hypsizygus marmoreus* cultivated with vine pruning atalks[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(6):121-124. (in Chinese)

[6] 申进文,黄千慧,刘巧宁,等. 七种培养料对糙皮侧耳熟料栽培的影响[J]. 食用菌学报,2014,21(3):36-40.

SEN J W, HUANG Q H, LIU Q N, *et al.* Mycelial growth rates and biological efficiency values for *Pleurotus ostreatus* cultivation on seven different substrates[J]. Acta Edulis Fungi,2014,21(3):36-40. (in Chinese)

[7] 刘仁华,秦洪文,甘丽萍,等. 不同配比的玉米芯培养基对平菇生长的影响[J]. 重庆三峡学院学报,2015,31(3):114-118.

LIU R H, QIN H W, GAN L P, *et al.* A study on the optimization of culture formulation for *Pleurotus ostreatus* in Three Gorges Reservoir[J]. Journal of Chongqing Three Gorges University,2015,31(3):114-118. (in Chinese)

[8] 范可章,陈灵,蔡健,等. 不同秸秆培养基对平菇生长影响的比较研究[J]. 中国农学通报,2011,27(16):126-131.

[9] 索好飞. 不同培养料对白灵菇生长发育、产量及品质的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2007.

[10] ZADRAZIL F. The ecology and industrial production of *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus florida*, *Pleurotus cornucopiae* and *Pleurotus eryngii*[J]. Mushroom Science,1974(9):621-652.

[11] 陈国良,黄年来,林志斌等. 中国食药食用菌学[M]. 上海科学技术文献出版社,2010.

[12] 冯伟林,金群力,蔡为明等. 棉籽壳,玉米芯及麸皮的重要营养成分与重金属含量分析[J]. 食用菌,2012,20(4):220-221.

[13] 梁连友. 渭北苹果枝条栽培袋料香菇技术研究与推广[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2006.

[14] 陈志强,李爱华,张凌青,等. 宁夏不同地区玉米芯营养成分分析[J]. 粮食与饲料工业,2010(12):51-53.

[15] 王秀玲. 平菇栽培料配方比较试验[J]. 北京农学院学报,2013(2):31-33.

WANG X l. Study on screening the formula for cultivation of *pleurotus ostreatus*[J]. Journal of benjing university of agriculture,2013(02):31-33. (in Chinese)

[16] 刘巧宁. 五种培养料对平菇栽培的影响研究[D]. 郑州:河南农业大学,2013.

[17] 王庆武,安秀荣,崔晓,等. 玉米芯添加量对平菇综合农艺形状的影响[J]. 山东农业科学,2016,48(1):71-73.

[18] 罗玲泉. 单纯形格子配料法复配搅拌型酸乳增稠剂研究[J]. 食品科技,2008,9:121-123.